

生後例におけるヒト下顎骨骨梁の加齢変化に関する 組織学的研究

大屋, 由貴子
九州大学歯学部口腔病理学教室

小林, 家吉
九州大学歯学部口腔病理学教室

<https://doi.org/10.15017/7238380>

出版情報：福岡醫學雜誌. 88 (4), pp.90-104, 1997-04-25. 福岡医学会
バージョン：
権利関係：



原 著

生後例におけるヒト下顎骨骨梁の加齢変化に関する組織学的研究

九州大学歯学部口腔病理学教室 (指導: 橋本紀三名誉教授, 坂井英隆教授)

大 屋 由貴子・小 林 家 吉

The Histologic Study on Chronological Changes of Bone Trabeculae in Human Postnatal Mandible

Yukiko OYA and Ieyoshi KOBAYASHI

*Department of Oral Pathology (Director : Prof. Emeritus N. Hashimoto, H. Sakai),
Faculty of Dentistry, Kyushu University 61, Fukuoka 812-82*

Abstract The histologic study on chronological changes of human mandible was performed using 35 postnatal cases.

The changes of bone density were divided into following 2 stages. In cases of a 11 hours new born to 2 months (No. 13) baby, the bone density consisted of rather moderate parts than low. In cases of 2 months (No. 14) baby to 66 years adult, it consisted of rather low parts than moderate parts.

The changes of bone maturation were divided into next 2 stages. In cases of a 11 hours new born to 3 months baby, the mandible consisted of woven-lamellar or lamellar bone. In cases of after 7 months baby to 66 years adult, it only consisted of lamellar bone.

And then, the mandibular bone were exhibited manifold arrangements. The reticular arrangements were appeared locally in cases of a 11 hours new born to 2 months baby, but after 3 months, these were disappeared. The oblique and horizontal arrangements were appeared mainly in cases of a 11 hours new born to 7 months baby, and after 1. years old, not only these arrangements but also islet-like and vertical arrangements were appeared partially. After 40 years old, islet-like arrangements were appeared remarkably.

The bone resorption was noted at the whole mandible in a case of 3 months, and it extended larger in a case of 7 months. And after 1.1 years old, it was noted as same as 7 months.

は じ め に

下顎骨は、胎生初期の第6週に、メッケル軟骨の前外側方に密接した結合組織のなかの骨化点から結合組織性骨として発生し、10週までに下顎骨の原基が形成される²⁾³⁴⁾。その後どのように成長していくかについて、下顎骨の発育を誘導するのはなにかということに関する研究やオトガイ部、歯胚の発育といった一部分のみ観察した報告は種々なされているが⁹⁾¹⁰⁾²¹⁾²⁴⁾、下顎骨全体の成長過程にみられる加齢変化を捉えた詳細な報告は意外に少ない。

生後例における下顎骨の発育については、Enlow⁶⁾、

Scott³⁴⁾らの説が広く知られている。また臨床的にはX線写真をもとにいくつかの基準点を設け、それらの位置変化を計測することにより、発育の量および方向などを調べるといった方法が多く用いられ、研究報告されている²⁵⁾³⁰⁾。しかしながら、これらは発育に伴う下顎骨の内部構造の変化をとらえていない。こうした変化を捉えるには、骨梁の変化および皮質骨の形成について細部にわたって検索する必要があり、そのなかでも、骨梁の変化を捉えることが重要であると考えられる。

ヒト下顎骨骨梁の発育および成熟過程については、これまでに組織学的研究とX線学的研究が主として

Table 1 Materials —Postnatal cases—

	No.	Age	Sex	Height(cm.)	Autopsy Diagnosis
Neonate	1	11 h	F	47.0	Pulmonary atelectasis
	2	1 d	M	52.0	Pulmonary atelectasis
	3	2 d	M	47.0	Pulmonary atelectasis
	4	5 d	F	49.6	Purulent meningitis
	5	5 d	M	46.5	Follicular colitis
	6	7 d	M	47.0	Pan-peritonitis
	7	8 d	M	U	Fibrinous peritonitis
	8	10 d	F	44.0	Ventricular septal defect
	9	10 d	M	51.0	Purulent leptomeningitis
	10	13 d	M	48.0	Pulmonary atelectasis
	11	13 d	U	U	Premature infant
Infant (—1 y)	12	1 m	F	50.0	Intestinal obstruction, Aspiration pneumonia
	13	2 m	M	52.0	Tetralogy of Fallot
	14	2 m	M	58.0	Aspiration pneumonia
	15	3 m	M	57.0	Congenital myasthenia gravis
	16	7 m	M	70.9	Cerebral abscess
Child (—12 y)	17	1.1 y	M	73.0	Lymphangioma
	18	2 y	F	80.0	Acute heart failure
	19	5 y	M	115.0	Ependymoma
	20	8 y	M	120.0	Nephrosis
Adult (20 y—)	21	20 y	F	153.0	Red atrophy of liver
	22	22 y	M	158.0	U
	23	26 y	F	155.0	Aplastic anemia
	24	26 y	M	155.0	Progressive muscle dystrophy
	25	29 y	M	170.0	Subacute atrophy of liver
	26	32 y	M	160.0	Head injury
	27	37 y	M	170.0	Head injury
	28	40 y	M	168.0	Cerebral hemorrhage, Cerebral infarction
	29	42 y	F	148.0	Fibrinous peritonitis
	30	44 y	M	165.0	Tuberculosis
	31	47 y	M	154.0	Amyloidosis
	32	49 y	M	158.0	Cerebral hemorrhage
	33	50 y	F	148.0	Subarachnoidal hemorrhage
	34	58 y	M	145.0	Neck injury
	35	66 y	M	160.0	Multiple cerebral infarction

Note m: month, w: week, h: hour, d: day, y: year, F: Female, M: Male, U: Unknown

なされている。

組織学的研究として、高橋³⁵⁾、一条¹⁶⁾、山口³⁹⁾⁴⁰⁾、Bollobas³⁾、樋口¹⁴⁾、橋本ら¹¹⁾および片山¹⁹⁾などの報告がある。橋本ら¹⁷⁾は新生児から75歳例までの77例について下顎骨の骨皮質および骨梁の形成、成熟、骨梁の限局性吸収とそれに伴う骨髓腔の形成について検索し、片山¹⁹⁾は橋本ら¹¹⁾と同一の組織標本のうち20歳例までの52例について、骨髓腔の形成をさらに詳細に検索している。

X線学的研究として、Walkhoff³⁸⁾、Katz²⁰⁾、石

野¹⁷⁾、本田¹⁵⁾およびBraunschweiger²⁾などが、X線写真の画像解析などの方法を用いて、骨梁の量的変化や顎骨の構造的変化をとらえている。とくに、石野¹⁷⁾は生後4カ月例から80歳例までの下顎骨の骨梁の密度や配列の変化について検索している。

以上、諸先輩の業績はどれも、骨梁の発育を密度、成熟度および配列の変化、また限局性吸収といった構造上の諸変化を詳細に捉えたものとはいえない。

著者は、すでに胎生期例について観察し、結果を報告しているが³⁾、さらに、生後どのように変化していく

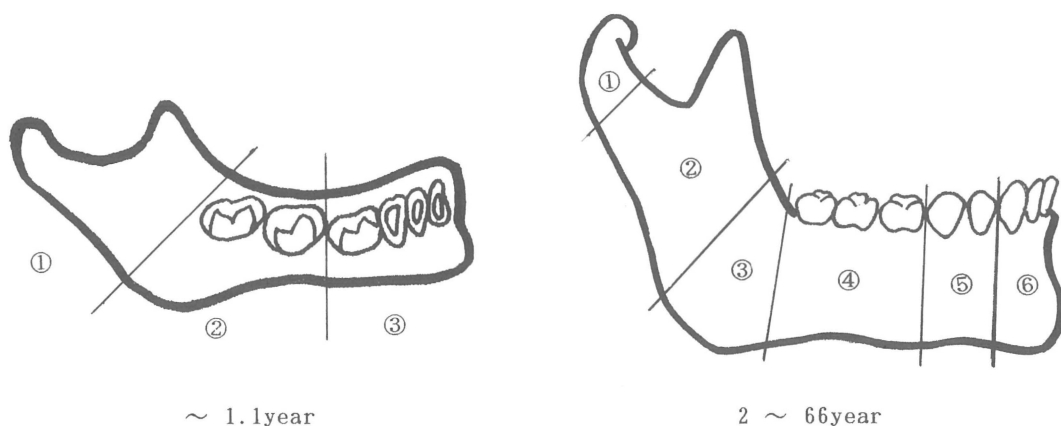


Fig. 1a Subdivisions of mandible

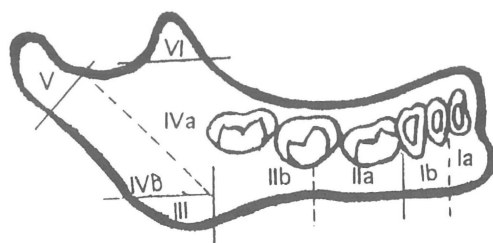


Fig. 1b Subdivisions of mandible for examinations.

- I a : Anterior part of incisor teeth.
- I b : Posterior part of incisor teeth.
- II a : Anterior part of mandibular base.
- II b : Posterior part of mandibular base.
- III : Mandibular angle.
- IV a : Anterior part of mandibular ramus.
- IV b : Posterior part of mandibular ramus.
- V : Condylar process.
- VI : Coronoid process.

か、生後 11 時間例から 66 歳例まで 35 例の下顎骨について、骨梁を組織学的に観察し、前述の加齢に伴う諸変化を一連的に捉えることを目的として、研究を行った。

材 料 と 方 法

ヒト生後例 35 例における下顎骨を用いて観察をおこなった。それらはすべて九州大学医学部病理学教室および同歯学部口腔病理学教室の病理解剖保存例である (Table 1)。いずれの症例も剖検によって骨および骨髄造血が原疾患およびその治療によって影響されていないことを確かめている。

観察した右下顎はすべて 10% formalin 固定材料である。

観察方法は右下顎全体を原型のまま、右下顎を 1.1 歳までは X 線陰影像によってできるだけ歯牙を損傷しないよう 3 部位に、また 2 歳より 66 歳までは 6 部位に分割切断した (Fig. 1a)。それらは橋本式交流電気脱灰器を用いて脱灰し、5% 硫酸ナトリウムに 24 時間浸漬した後、12 時間水洗し、型のごとく脱水、celloidin 包埋の過程をへて、矢状方向に $15\mu\text{m}$ – $20\mu\text{m}$ の厚さの連続切片を作製した。薄切切片は hematoxylin-eosin 染色を施し、右下顎全体の大組織切片標本作製し、鏡検に用いた。

下顎骨骨梁の組織学的変化をみるために、骨梁の密度、成熟度、配列、骨芽細胞の出現、破骨細胞の出現および限局性骨吸収部位での組織学的変化について、胎生期例で用いた基準に従って観察した。

観察にあたっては部位を以下のように分けておこなった。すなわち、歯牙 (歯胚) の存在する部位については乳前歯および前歯部を前歯部、乳臼歯および臼歯部を体部とし、さらに乳中切歯および中切歯部を前歯部前部、乳側切歯・乳犬歯および側切歯・犬歯相当部を前歯部後部、第一・第二乳臼歯および第一・第二小臼歯部を体部前部、第一・第二大臼歯部を体部後部とした。また、突起部の特徴をみるために、関節突起部と筋突起部に分け、その他の部位を下顎枝部の前部・後部、角部とした (Fig. 1b)。

なお、骨梁の密度については、作製した連続切片標本を観察し、下顎骨の各観察部位で皮質骨部分を除いて、より多くの骨梁が明瞭に観察される標本を 2 枚ないし 3 枚選び、オリンパス万能投影器を用いて 5 倍に拡大し、トレースした (Fig. 2)。トレース上で一視野を $1.5\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ として、各観察部位ごとに一

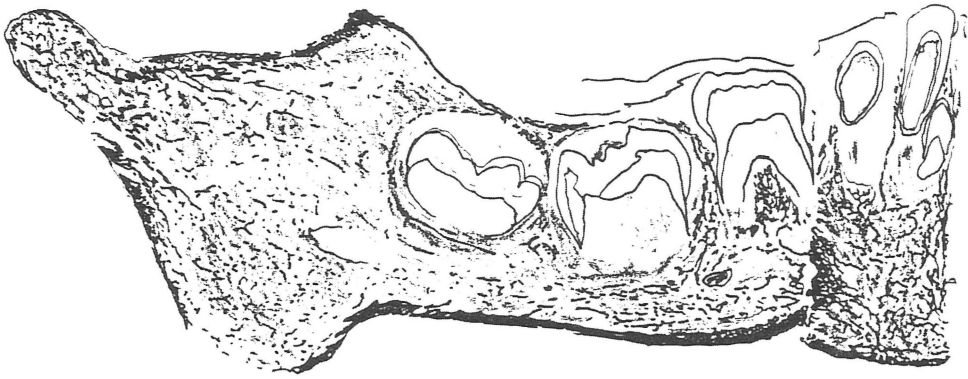


Fig. 2 1. lyears child, $\times 2$

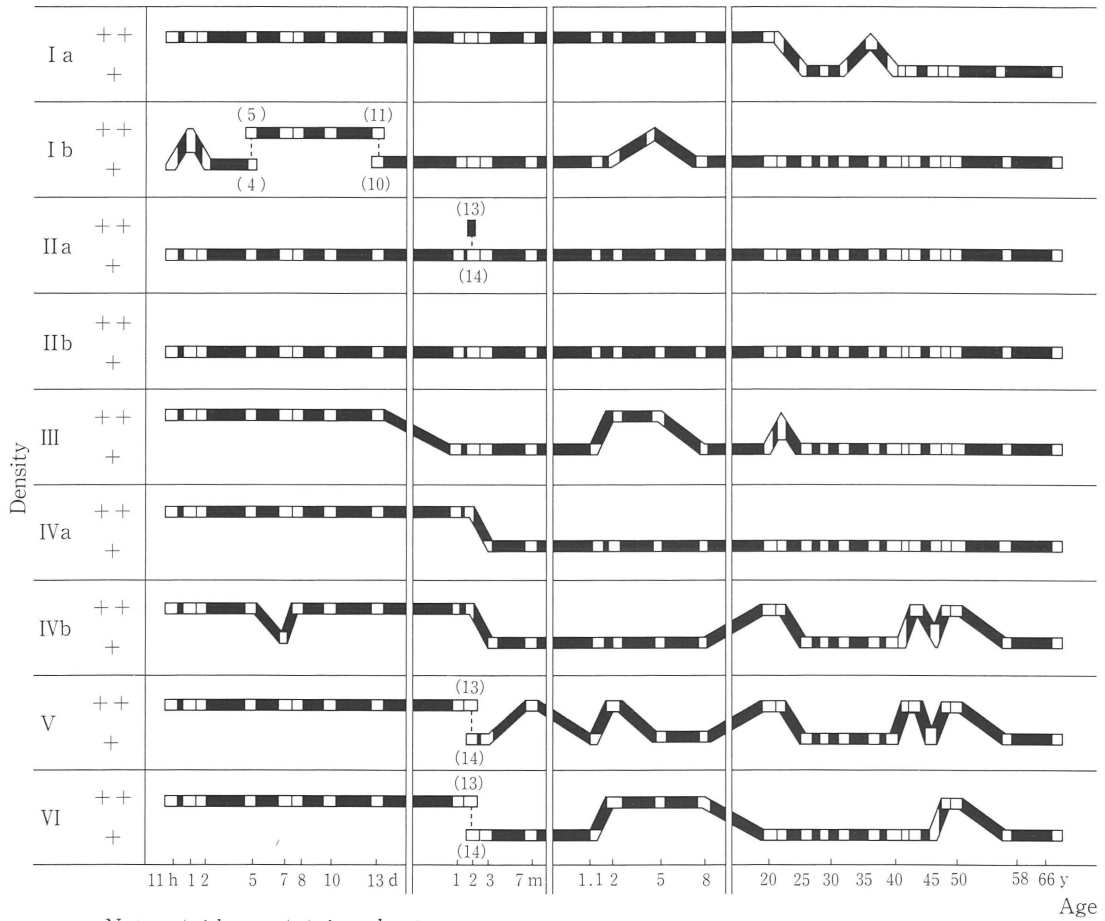


Table 2 Density of bone trabeculae —Postnatal cases—



Fig. 3a A 11.8cm. fetus showing woven bone in mandibular base. HE, $\times 136$.



Fig. 3b A 15.0cm. fetus showing woven-lamellar bone in mandibular base. HE, $\times 120$.

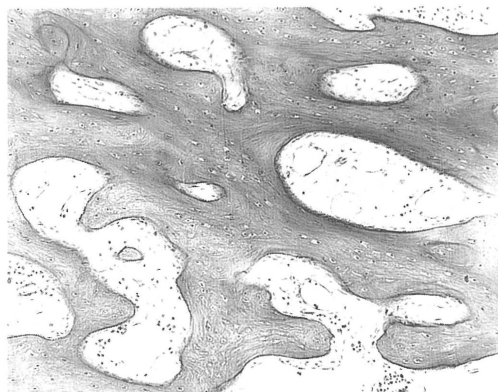


Fig. 3c A 45.0cm. fetus showing lamellar bone in area of incisal teeth. HE, $\times 100$.

視野内に占める骨梁の面積比をアップルコンピュータ社製のイメージスキャナー (N. I. H. image) を用いて算出した。また、同じ部位でも各視野ごとにみると骨梁の数は異なることから、三視野を選んで各々の値の平均値を出して骨梁密度の基準とした。

結 果

1. 骨梁の密度 (Table 2)

一視野内に占める骨梁の面積比が 25%未満を軽度、25%以上 75%未満を中等度、75%以上を高度として判定した。

a. 前歯部 (Ia, Ib)

前部は、生後 11 時間例から 22 歳例では中等度、26 歳例から 66 歳例では軽度であったが、2 歳例では軽度と 37 歳例では中等度であった。

後部は、生後 11 時間例から 13 日 (No. 10) 例までは軽度または中等度、13 日 (No. 11) 例から 66 歳例まで

は軽度であったが、5 歳例では中等度であった。

b. 体部 (IIa, IIb)

前部は、生後全期間を通して軽度であったが、2 カ月 (No. 13) 例では中等度であった。

後部は、前部とほぼ同様に生後全期間を通して軽度であった。

c. 角部 (III)

生後 11 時間例から 13 日例までは中等度、1 カ月例から 66 歳例までは軽度であったが、2 歳例、5 歳例および 22 歳例の 4 例では中等度であった。

d. 下顎枝部 (IVa, IVb)

前部では、生後 11 時間例から 2 カ月例までは中等度、3 カ月例から 66 歳例までは軽度に形成されていた。

後部では、生後 11 時間例から 2 カ月例までは中等度、3 カ月例から 66 歳例までは多数例で軽度であったが、7 日例では軽度、20 歳例、22 歳例、44 歳例、49 歳例および 50 歳例では中等度であった。

e. 関節突起部 (V)

生後 11 時間例から 2 カ月 (No. 13) 例までは中等度、2 カ月 (No. 14) 例から 66 歳例までは軽度であったが、7 カ月例、2 歳例、20 歳例、22 歳例、42 歳例、44 歳例、49 歳例および 50 歳例では中等度であった。

f. 筋突起部 (VI)

生後 11 時間例から 2 カ月 (No. 13) 例までは中等度、2 カ月 (No. 14) 例から 66 歳例までは軽度であったが、2 歳例、5 歳例、8 歳例、49 歳例および 50 歳例では中等度であった。

以上の結果をさらに、生後 1 カ月未満、2 カ月から 7 カ月、1.1 歳から 8 歳および 20 歳以上の 4 段階に分けて、骨梁の密度がどの段階で顕著に減少しているか

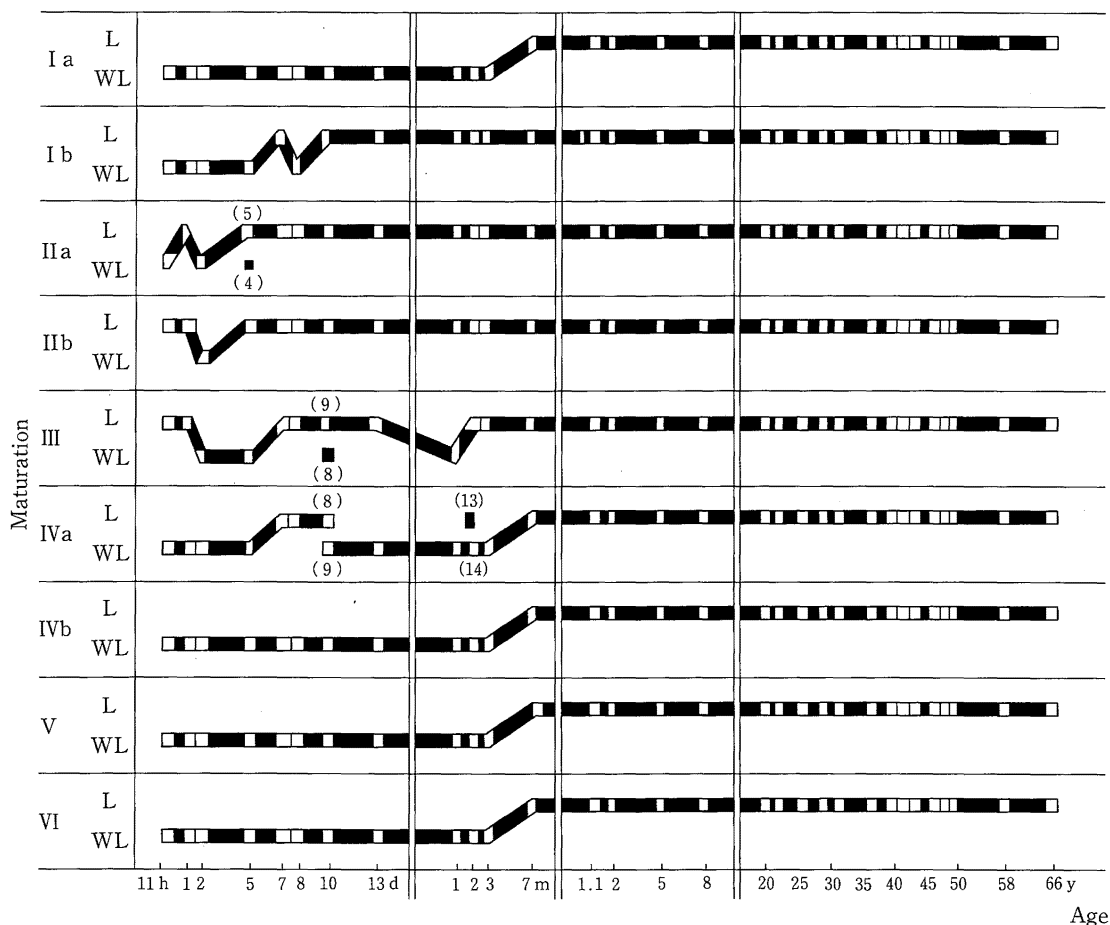
Table 3 Comparison of the density of bone trabeculae

Age (N)	+(%)	++(%)	P value.
-1 m. N=108	33(30.6)	75(69.4)	
2 m. -7 m. N=36	24(66.7)	12(33.3)	
1.1 y. -8 y. N=36	25(69.4)	11(30.6)	
20 y.- N=135	113(83.7)	22(16.3)	

Note ※ : $p < 0.01$ (χ^2 -test)

N : total number of mandibular subdivisions examined

+: low, ++: moderate, m.: month, y.: year



Note WL : Woven-Lamellar bone, L : Lamellar bone

Table 4 Maturation of bone trabeculae -Postnatal cases-

を χ^2 検定を行って調べたところ、2 カ月から顕著に減少していることがわかった (Fig. 3)。

2. 骨梁の成熟度 (Table 3)

骨組織の成熟度は、Bloom, W. and Fawcett, D. W.⁴⁾ の Histology の記載に倣って、線維性骨 (woven bone, Fig. 3a) および層板骨 (lamellar bone, Fig. 3c) に分け、さらに著者は、骨梁を構成する骨組織のなかに層板骨がみられた場合、その多少にかかわらず、線維性層板骨 (woven-lamellar bone, Fig. 3b) として区別し、結果として3種に分類した。

a. 前歯部 (Ia, Ib)

前部は、生後11時間例から生後3カ月例までは線維性層板骨で、7カ月例から66歳例までは層板骨であった。

後部では、生後11時間例から生後8日例までは線維性層板骨、10日例から66歳例までは層板骨であったが、7日例では層板骨、3カ月例では線維性層板骨であった。

b. 体部 (IIa, IIb)

前部は、生後11時間例から生後5日 (No. 8) 例までは線維性層板骨、5日 (No. 9) 例から66歳例までは層板骨であったが、生後1日例は層板骨であった。

後部では、生後全期間を通じて層板骨であったが、2日例では線維性層板骨であった。

c. 角部 (III)

生後全期間を通じて層板骨であったが、2日例、5日例、10日例および1カ月例では線維性層板骨であった。

d. 下顎枝部 (IVa, IVb)

前部は、生後11時間例から生後5日例までは線維性層板骨、7日例から66歳例までは層板骨であったが、10日 (No. 9) 例、13日 (No. 10) 例、2カ月例および3カ月例は線維性層板骨であった。

後部は、生後11時間例から生後3カ月例までは線維性層板骨、7カ月から66歳例までは層板骨であった。

e. 関節突起部 (V)

生後11時間例から生後3カ月例までは線維性層板骨、7カ月例から66歳例までは層板骨であった。

f. 筋突起部 (VI)

生後11時間例から生後3カ月例までは線維性層板骨、7カ月例から66歳例までは層板骨であった。

以上の結果から、生後3カ月例までは線維性層板骨と層板骨が混在していたが、生後7カ月例以降は全体に層板骨となることがわかった。

3. 骨梁の配列 (Table 5)

骨梁の配列は前歯部、体部および下顎角部は下顎下縁に対して、下顎枝部では骨皮質に対しての方向により、水平 (Fig. 4a)、斜走 (Fig. 4b) および、これらの走行がいくつか混ぜ合わさった網状 (Fig. 4c) の3つに大別し、さらに垂直 (前歯部、体部で下顎下縁に対して垂直方向の配列, Fig. 4d) と骨梁の短小化 (Fig. 4e) に伴って生じる島嶼状 (Fig. 4f) の2つの配列を加え、5つの配列に大別した。

a. 前歯部 (Ia, Ib)

前部は、生後11時間例から5日 (No. 4) 例までは網状または網状優位で、同時に斜走配列が加わっていた。5日例 (No. 5) から2カ月例までは斜走または斜走優位で、同時に網状配列が加わり、3カ月例から2歳例では斜走優位ではあるが水平、垂直、島嶼状の各配列が加わっていた。5歳例から66歳例では垂直配列、水平配列のいずれかが優位で、同時に斜走配列や島嶼状配列が加わっていた。

後部は、生後11時間例から5日例 (No. 8) 例では網状優位で、水平配列がそれに加わっていた。5日例 (No. 9) から1.1歳例までは斜走優位で水平配列が加わっていたが、8日例と3カ月例の2例では水平優位であった。2歳例から8歳例では水平または水平優位で垂直配列や斜走配列が加わっていた。20歳例から66歳例までは垂直優位でそれに斜走、水平および島嶼状配列が加わっていたが、22歳例、40歳例および47歳例では水平優位であった。

b. 体部 (IIa, IIb)

前部は、生後11時間例から22歳例までは水平優位で、それに斜走配列が加わっていたが、5歳例では垂直優位となっていた。26歳例から29歳例までは垂直優位でそれに斜走または水平配列が加わっていた。32歳例から66歳例までは水平優位で、それに島嶼状配列が加わっていたが、44歳例、49歳例および58歳例の3例では島嶼状配列、47歳例では垂直優位であった。

後部は、生後11時間例から22歳例までは水平優位で、それに斜走配列が加わっていたが、2歳例と5歳例では島嶼状配列が加わっていた。26歳例から29歳例までは垂直優位でそれに斜走または水平配列が加わっていた。32歳例から66歳例までは水平優位で、それに島嶼状配列が加わっていたが、44歳例、49歳例および58歳例では島嶼状配列、47歳例では斜走優位であった。

c. 角部 (III)

生後全期間を通して斜走または斜走優位で、生後11

Table 5 Arrangement of bone trabeculae —Postnatal cases—

No	Age	I a	I b	IIa	IIb	III	IVa	IVb	V	VI
1	11 h	R, O	R, H	H, R	H, R	O	H, O	H, O	H	H
2	1 d	R	R	H, R	H, R	O, R	H, O	H, O	H	H
3	2 d	R, O	R, H	H, R	H, R	O	H, O	H, O	H	H
4	5 d	R, O	R, H	H, O	H, O	O, R	H, O	H, O	H	H
5	5 d	O	O, H	H, O	H, O	O, R	H	H, O	H	H
6	7 d	O	O, H	H, O	H, O	O, R	H	H, O	H	H
7	8 d	O, R	H, O	H, O	H, O	O, R	H, O	H, O	H	H
8	10 d	O	O, H	H, O	H, O	O	H, O	H, O	H	H
9	10 d	O	R, H	H, O	H, O	O, R	H, O	H, O	H	H
10	13 d	O	R, H	H, O	H, O	O, R	H, R	H, O	H	H
11	13 d	O, R	O, H	H, O	H, O	O	H	H, O	H	H
12	1 m	O, R	O, H	H, O	H, O	O, R	H, O	H	H	H
13	2 m	O, R	O, H	H, O	H, O	O	H, O	H, O	H	H
14	2 m	O, R	O, H	H, O	H, O	O	H, O	H, O	H	H
15	3 m	O, H	H, O	H, O	H, O	O, H	H, O	H, O	H, O	H
16	7 m	O, H	O, H	H, O	H, O	O, H	H, O	H, O	H, O	H
17	1.1 y	O, I	O, H	H, V	H, V	O, I	H, I	H, I	H	H, O
18	2 y	O, V	H, V	H, I	H, I	O, I	H, I	H, I	H	H, O
19	5 y	H, O	H, O	V, O	H, I	O	H, I	H, O	H, O	H, O
20	8 y	H, O	H	O, H	H, O	O, I	H, O	H, O	H, O	H, O
21	20 y	V, H	V, O	H, O	H, O	O	H, O	H	H	H, O
22	22 y	H, O	H, O	H, O	H, O	O, I	H, O	H, O	H	H, O
23	26 y	V	V, O	V, O	V, H	O, I	H, O	H, O	H	O
24	26 y	V	V, O	V, O	V, H	O	H, O	H, O	H	H, O
25	29 y	V, H	V, H	V, H	V, O	O, I	H, O	H, O	H	H, O
26	32 y	H, O	V, H	H, V	H, V	O, I	H, O	H, O	H, O	H, O
27	37 y	V, H	V, O	H, I	H, I	O	H, O	H, O	H, O	H, O
28	40 y	H, I	H, I	H, I	H, I	O	H, O	H, O	H	H, O
29	42 y	V, I	V, I	H, I	H, I	O	H, O	H, O	H, O	H, O
30	44 y	V, H	V, I	I	I	O	H, O	H, O	H, O	H, O
31	47 y	H, I	H, I	V, I	O	O, I	H, O	H, O	H, O	H, O
32	49 y	H, V	V, H	I	I	O, I	H, O	H, O	H, O	H, O
33	50 y	H, V	V, I	H, V	H, V	O	H, O	H, O	H, O	H, O
34	58 y	V, I	V, I	I	I	O	H, O	H, O	H, O	O
35	66 y	V, I	V, I	H, I	H, I	I	I	H, I	I	I

Note R: Reticulate, O: Oblique, H: Horizontal, V: Vertical, I: Islet-like
(When two capitals are written, the left is dominant.)

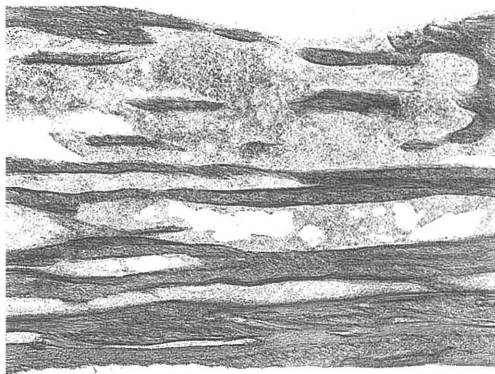


Fig. 4a A 45.0cm. fetus showing horizontal arrangement in mandibular base. HE, $\times 13$.

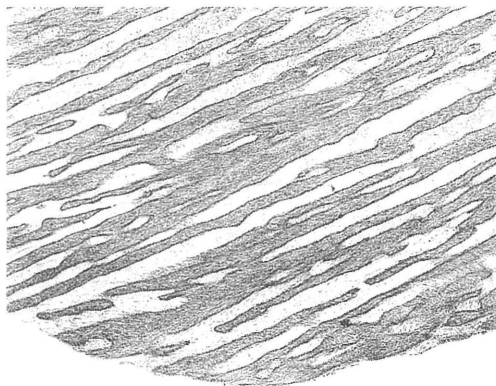


Fig. 4b A 45.0cm. fetus showing oblique arrangement in mandibular angle. HE, $\times 29$.

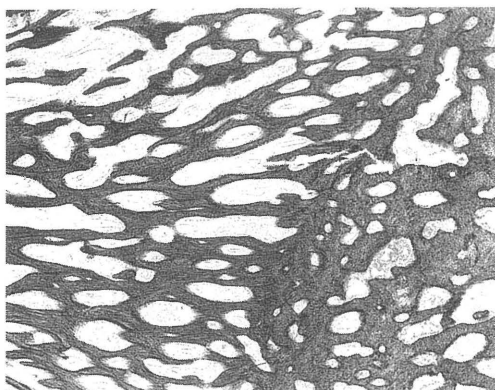


Fig. 4c A 45.0cm. fetus showing reticulate arrangement in area of incisal teeth. HE, $\times 21$.

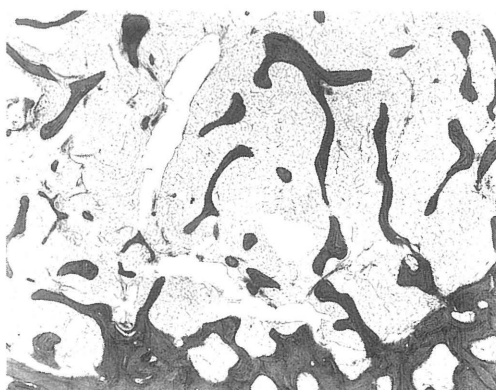


Fig. 4d A 26 years old adult showing vertical arrangement in area of incisal teeth. HE, $\times 12$.

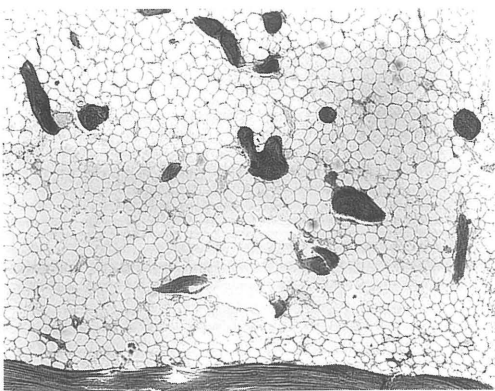


Fig. 4e A 5 years old child showing shortening of bone trabeculae in area of incisal teeth. HE, $\times 34$.

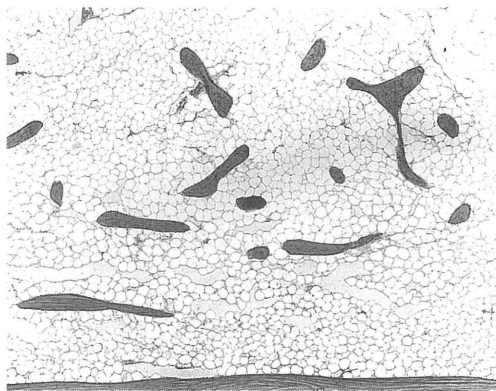


Fig. 4f A 66 years old adult showing islet-like arrangement in area of incisal teeth. HE, $\times 29$.

時間例から生後1カ月例まではそれに網状配列, 3カ月例と7カ月例では水平配列, また1.1歳例から66歳例までは島嶼状配列が加わっていた。

d. 下顎枝部 (IVa, IVb)

前部・後部ともに生後全期間を通して水平優位で, 同時に斜走配列が加わっていたが, 1.1歳例の前部・後部, 5歳例の前部には島嶼状配列が加わっており, 66歳例では島嶼状配列が前部では単独, 後部では優位であった。

e. 関節突起部 (V)

生後全症例を通して, 水平または水平優位で, それに斜走配列が加わっていたが, 66歳例では島嶼状配列であった。

f. 筋突起部 (VI)

生後11時間例から7カ月例までは水平配列, 1.1歳例から66歳例までは, 水平優位でそれに斜走配列が加わっていたが, 26歳例と58歳例では斜走配列, 66歳例では島嶼状配列であった。

以上の結果を網状, 斜走, 水平, 垂直および島嶼状の5つのパターン別にその変化について検討した。

網状配列は, 生後11時間例から生後5日 (No. 8) 例の前歯部前部・後部に単独もしくは優位にみられたが, それ以降は他の配列が優位となった。

斜走配列は, 生後例全体を通して角部で, また5日 (No. 9) 例から2歳例の前歯部前部, 5日 (No. 9) 例から1.1歳例の前歯部後部, 1.1歳例から58歳例の角部に単独または優位にみられた。

水平配列は, 生後例全体を通して体部前部・後部, 下顎枝部前部・後部, 関節突起部, および筋突起部で単独または優位にみられるものが多かった。

垂直配列は, 5歳例の体部前部で優位にみられるものの8歳例まではほとんどみられないが, 20歳例から66歳例の前歯部前部・後部, 26歳例から29歳例の体部前部・後部で単独または優位にみられるものが多かった。

島嶼状配列は, 44歳例, 49歳例および58歳例の体部前部・後部, 66歳例の角部, 下顎枝部前部, 関節突起部および筋突起部に単独にみられた。

4. 骨芽細胞の出現

骨芽細胞の出現程度は, 一視野 (倍率200) に出現する骨芽細胞数が30未満を軽度とし, 30以上を高度として, 二段階に大別した。

その結果, 2日例の前歯部の後部, 7日例の前歯部前部と体部の前部に軽度に認めるのみであった。

5. 破骨細胞の出現

破骨細胞の出現程度は, 一視野 (倍率200) に出現する破骨細胞数が5以上観察される場合を比較的多いとし, それに満たないが観察される場合をわずかに見られるとした。

その結果, 7日例の前歯部前部ならびに体部前部にわずかに認めるのみであった。

6. 骨梁の限局性吸収

骨梁の吸収は, 生後11時間例から2日例までは胎生末期例と同様に関節突起部と体部後部, 体部前部および前歯部でまとまった吸収部の拡大がみられ, 吸収部の中心部の骨梁はわずかに島嶼状にみられるにすぎなかった。5日例では, 下顎枝部, 角部および筋突起部の吸収部が関節突起部の吸収部と癒合し, 体部までつながっていた。また, 吸収部の中心部の骨梁は一段と細小化が進んでいた。3カ月例になると関節突起部,

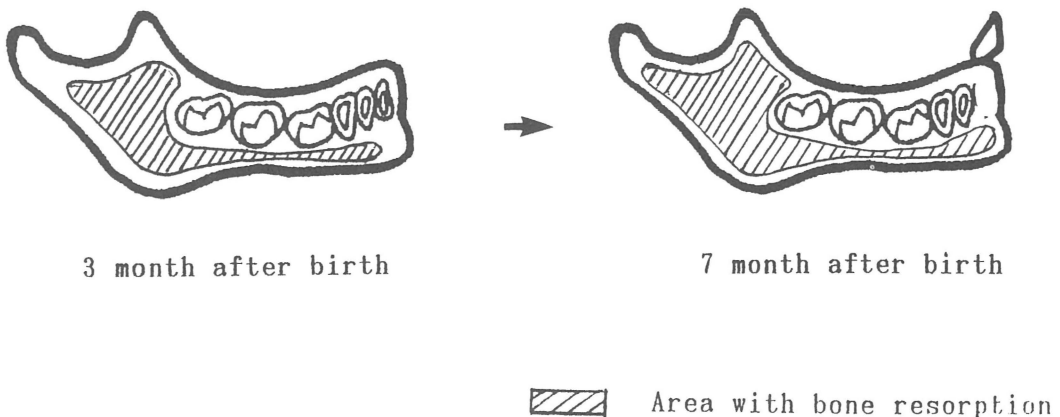


Fig. 5 Chronological change of bone resorption.

筋突起部から前歯部までの吸収部が連続していた。7カ月例ではさらに、吸収部が拡大し、骨皮質との境界も明瞭となり、66歳例までこの状態が続いた (Fig. 5)。

考 察

著者は、ヒト新生児から高齢者にいたるまで下顎骨骨梁の密度、成熟度、配列および限局性の骨梁吸収について、それぞれを生後11時間例より66歳例までの35例の観察結果を一連的に把握し、諸家の報告と比較検討する。

1. 骨梁の密度

骨梁の密度の加齢変化については、組織学的研究として、橋本ら¹¹⁾の新生児期から75歳例までの報告がある。それによると生後まもない時期から限局性の吸収を伴いながら、次第に減少し、生後7カ月例では下顎骨全体の骨梁は著明に吸収すると述べているが、部位別の比較については何ら考察を加えていない。

また、X線学的に、石野¹⁷⁾は、4カ月例から80歳例までの顎骨の骨梁の密度を部位別に検討し、部位別以下記のような変化を示したと述べている。

1)前歯部では、2歳頃では軽度で発育し、10歳代で中等度、20歳代で高度、30歳代ではさらに高度となり、老年期にいたる。2)体部では、発育が緩徐で、19歳頃で軽度、40歳で中等度、以後は高度となる。3)角部では、10歳まで発育は軽度、10歳以降は中等度から高度となり、26歳でピークをむかえ、その後、次第に低下し、60歳以降は軽度となる。4)下顎枝は、10歳までは中等度で、以後次第に高度となり、30歳でピークをむかえ、その後次第に低下して、50歳以降は中等度で、老年期にいたる。5)関節突起部は、10歳までは中等度で、11歳から次第に増加して、30歳から60歳まで高度の状態が続き、その後は低下し、75歳以降は中等度となる。

石野¹⁷⁾の1)~5)までの結果は、著者らの結果と異なっていた。まず、石野¹⁷⁾の結果では、全体的に加齢に伴い密度は高度となり、ピークとなる時期が現れた後に減少していたが、著者らの結果では、生後まもなく中等度から軽度に減少した後、顕著な変化はみられなかった。また、石野¹⁷⁾は老年期になると歯周疾患や歯牙の抜去等で、病的状態にある症例が多いため、骨の増生・硬化がみられ、結果として骨梁が増え、関節突起部では病的状態での咬合力は低下し、それに伴い骨梁は減少するとしている。この点については、著者らは骨組織が病的変化を示していると考えられるものは

観察の対象から除いているため、用いた材料が生理的または半生理的な骨梁の変化を示しているのか、病的な変化であるかの相違であって、両者を比較することは不可能である。

著者の結果から、生後例を通して骨梁の密度の変動はほぼ2期に分けることができる。すなわち、第1期は生後11時間例から2カ月 (No. 13) 例までで中等度を示す部位が多く、第2期は2カ月 (No. 14) 例から66歳例で軽度を示す部位が多くみられた。

部位別にみると、第1期ではまず11時間例の前歯部の前部と体部の前部・後部、次いで1カ月例の角部で軽度となった。第2期では、2カ月 (No. 14) 例の関節突起部と筋突起部、次いで3カ月例の下顎枝部の前部・後部、最後に26歳例の前歯部前部で軽度となり、以後、66歳例までわずかに個体差がみられるものの全体的に軽度の状態が続いていた。

下顎骨全体の大きさは、成人期にいたるまで発育・成長がみられるにもかかわらず、骨梁の密度は生後まもない時期から軽度のままで変化がみられないというのは一見矛盾しているようにみえるが、このような現象は長管骨においてもみられる。すなわち、成長中の骨は常に内部構造は変化しているが、胎生期から成人にいたるまではほぼ一定の外観を保っている。骨膜下のすべての部位で一定の割合で添加するのではなく、骨膜下のある部位では骨の添加が、またある部位では吸収が行われていて、このようなたえまない再構築により、骨の形は維持され、下顎骨においても同様の現象が起こっていると考えられる。

ただし、観察例には、6歳以上20歳未満では、8歳例の一例しかなく、第1大臼歯に始まる永久歯の萌出に伴う変化も、第二次性徴期の全身的に急速な発育のみられる時期の変化もみることができなかった。この間、骨梁の密度にどのような変化がみられるのか (成熟度、配列などについても同様であるが)、今後の研究が必要と考えられる。

2. 骨梁の成熟度

骨梁の成熟度の加齢的变化をとらえたものとしては、組織学的に橋本ら¹¹⁾が、生後7日例から層板骨が出現し、7カ月例では、全体が完全に層板骨となり、成熟は完成し、この時期を骨梁形成の極期としている。

著者の結果からは、全観察例を通して、骨梁の成熟度はほぼ2期に分けることができた。すなわち、第1期は生後11時間例から3カ月例までで線維性層板骨から層板骨、第2期は7カ月から66歳例までですべて層板骨となっていた。

部位別にみても第1期では、生後11時間例の体部後部と角部、生後1日例の体部前部、生後7日例の前歯部後部と下顎枝部前部で層板骨となった。第2期では、7カ月例で、前歯部前部、下顎枝部後部、関節突起部および筋突起部でも層板骨となり、下顎骨のすべての骨梁の成熟は完成し、以後成人期、老年期まで続いた。この結果は橋本ら¹¹⁾の報告とも一致するものである。

3. 骨梁の配列

骨梁の配列の加齢的变化に関しては、橋本ら¹¹⁾は、生後11日、生後7カ月、2歳、18歳、42歳の症例のみのトレースを行い、その結果、生後11日例では関節突起部から前歯部まで一定の配列を示す骨梁群、また筋突起部から臼歯部まで一定の配列を示す骨梁群がみられるが、7カ月以降すべて配列は不規則になっていると述べている。

石野¹⁷⁾は、X線像的に骨梁の配列を観察しようとしたが、困難であったと述べている。

著者は、骨梁の配列を前述した網状配列、斜走配列、水平配列、垂直配列および島嶼状配列の5つのパターン別にその変化について検討した。

前歯部では前部・後部ともに生後まもない時期には骨の発育が盛んにみられ、網状優位であったが、その後は、オトガイ部の付着筋群の筋機能の発達に伴い、斜走優位となったと考えられる。また2歳例以降は歯牙および歯胚の発育が盛んになり、咬合力も増大してくる³¹⁾ため、これに対応する力学的強度を持つ構造が必要になってくるが、咬合による負荷を支持するうえで垂直方向の骨梁が出現するのは合目的な変化であると考えられる。さらに、限られたスペースのなかで永久歯の歯胚の発育も始まり、これに骨髄や血管、神経が機能する空間を確保するため、骨梁は垂直や水平など不規則に存在するようになったのではないかと考えられる。40歳例以降は骨梁の短小化が顕著となるため不規則化がさらに進み、島嶼状配列になったと考えられる。

体部では前部・後部ともに前歯部と同様の変化がみられていた。

角部では、生後例全体を通じて、斜走または斜走優位であったが、これは後方への骨の成長がみられる⁹⁾ことと関連していると考えられる。また、生後まもない時期には骨の発育が盛んで、網状配列もみられると考えられるが、1.1歳例からは骨梁の短小化が進み、島嶼状配列が加わったと考えられる。

下顎枝部の前部・後部、関節突起部および筋突起部

では、生後例全体を通して水平または水平優位で斜走配列が加わっていたが、これは後方への骨の成長がみられる⁹⁾ことと咀嚼筋による外力をうける³⁴⁾こととも関連していると考えられる。

4. 骨梁の形成、成熟および配列の経時的相関関係

生後例において形成の第1期では、体部の前部・後部と前歯部前部では軽度、その他は中等度だが次第に軽度なる部位が広がっていった。この時期は成熟度の第1期に相当し、線維性層板骨から層板骨に成熟する時期に相当する。配列は、前歯部でも他の部位と同様に、斜走または水平配列がみられるようになった。

形成の第2期では、骨梁は全体に軽度となり、この時期は成熟度の第2期にあたり、全体的に層板骨となっている。配列は、前歯部と体部では垂直配列がみられるようになり、全体的に骨梁の短小化が進み、島嶼状配列がみられるようになった。とくに40歳例以降はこの傾向が顕著になった。

以上のように、第1期と第2期の形成、成熟および配列の変化は生後例全期間からみるとほとんど同時期に現れると考えられる。すなわち、形成の変化が生後2カ月頃に現れ、7カ月頃になって成熟度の変化が現れていた。配列の変化は、生後3カ月頃にはそれまでみられた網状配列がその以降はみられなくなり、1.1歳からは垂直配列、島嶼状配列がみられるようになった。

一般に生後6カ月前後には下顎乳中切歯が萌出し、離乳食の咀嚼運動も活発になってくる³¹⁾が、この時期には骨梁の成熟はほぼ完成し、形成の程度も成人と同程度となると考えられる。また1.1歳例の体部前部・後部、2歳例の前歯部前部・後部には垂直配列が出現し、咬合力に対応出来る形態的变化²⁶⁾²⁷⁾²⁹⁾⁴²⁾が始まったと考えられる。

部位別にみると前歯部後部および体部の前部・後部において骨梁の減少も成熟の完成も他の部位よりも早期に顕著にみられるが、これは歯胚や歯牙の発育で骨の占めるスペースが狭くなってくることや、さらに咬合力が直接加わることと関連していると考えられる。

次いで角部、下顎枝部前部で、その後下顎枝部後部、関節突起部および筋突起部で、最後に前歯部前部で骨梁の減少と成熟の完成がみられたが、これは骨の後方への成長⁹⁾がその頃まで顕著にみられるためと考えられ、その後の変化はそれぞれの部位に付着している咀嚼筋群によって間接的にかかる咬合力の影響を受けている³⁴⁾と考えられる。

さらに40歳例以降になると全体に骨梁の短小化が

進み、島嶼状配列が頻繁にみられるようになり、66 歳例では下顎骨の大部分で島嶼状配列となっていたが、こうした傾向と骨の老年期における加齢変化と骨粗鬆症による組織変化との比較^{30)~37)}は別項で述べることにする。

5. 限局性骨梁吸収

下顎骨骨梁の限局性吸収の加齢的变化を捉えた報告は、組織学的には橋本ら¹¹⁾と、片山¹⁹⁾が骨髓腔の形成との関連から述べているにすぎない。骨髓腔が形成されるということは、その部分の骨梁が限局性に吸収されていることを同時に述べていることになると考え、著者の結果と比較することにした。

橋本ら¹¹⁾は、胎生期の 31.0 cm 例の角部に初期の骨髓腔を形成し、7 日、2 カ月、4 カ月例とさらに骨髓腔は拡大し、生後 7 カ月例では下顎骨全体にわたり、周囲は完全に骨組織に囲まれた状態となり、極期となっていると述べている。ただし、具体的にどのように拡大していったかについての記述はない。

片山¹⁹⁾は、生後 11 時間例で下顎体部に、また生後 7 日例では下顎枝部相当部に小さな骨髓腔がみられ、生後 30 日例では、下顎枝部相当部の骨髓腔は筋突起相当部の骨髓腔と癒合して拡大し、上方は下顎枝前縁まで、下方は完全に下顎角部にまで達している。生後 3 カ月例では骨髓腔が下顎全体にわたり完全に形成され、関節突起部および筋突起部より前歯部までの骨髓腔は一連のものとして認められる。生後 7 カ月例になると、下顎骨の骨髓腔は完成し、薄い骨皮質に囲まれ、骨梁もすべて層板骨よりなっていると報告している。

X 線学的に、石野¹⁷⁾は骨梁の密度の低下が、40 歳例から角部と下顎枝部で、75 歳例から関節突起部に生ずると述べている。

著者の結果では、限局性骨梁吸収は、生後まもない時期には関節突起部から体部後部、体部前部および前歯部でそれぞれまとまった吸収部であったが、その後下顎枝部角部および筋突起部の吸収部が関節突起部の吸収部とつながり、生後 3 カ月例では下顎骨全体に及び、7 カ月例になるとさらに拡大していた。このことは橋本ら¹¹⁾、片山¹⁹⁾の結果とほぼ一致していると考えられる。

6. 骨粗鬆症との関連について

骨粗鬆症は人類の歴史とともに古い疾患であるが、その重要性が認められたのは比較的最近である。その理由として藤田⁷⁸⁾は、1)人口の老齢化、2)正確な骨量の測定法、また危険因子の解明により、疾患としての骨粗鬆症と区別できるようになったことなどが挙げら

れるとしている。

骨粗鬆症の病因は遺伝的因子、全身的、代謝的、栄養的、内分泌因子があり、さらに局所的、物理的、細胞的因子が考えられている。

病理学的には骨量が減少する疾患として骨萎縮と骨粗鬆症が挙げられる。骨萎縮は骨基質の変化を伴い、骨の表面から漸次消耗して骨質が菲薄になる求心性萎縮と、髓腔内から消耗する遠心性萎縮がある。骨粗鬆症は、Havers 管および Volkmann 管の拡張や異常な裂隙形成によって骨が多孔性となるため骨多孔症とも呼ばれるが、骨基質の化学的性状の異常はなく、骨の絶対量が減少した状態をいう³²⁾。この病変の原因となる疾患は多数あるので、一つの症候群と見なされる。そのうち老人性骨粗鬆症は造骨細胞の活性が低下し、骨基質の形成が不全化する一方、骨吸収が進行するため、骨皮質の菲薄化、海綿骨骨梁の減少が進み、脆弱化する。このため骨折しやすいとしている²⁸⁾³⁷⁾⁴¹⁾。

下顎骨における加齢変化について Henrikson ら¹²⁾¹³⁾は 46 歳から 92 歳までの男性 26 例、女性 24 例の橈骨と無歯下顎の厚さを血中ミネラル濃度と対比した結果、加齢との相関関係はみられなかったとしている。Kribbs ら²²⁾²³⁾は 50 歳から 84 歳までの骨粗鬆症を伴い女性 85 人の下顎角部、橈骨および椎骨を血清カルシウムと対比し、加齢と平行的であったとしている。

上条¹⁸⁾は組織的形態計測を行い、有歯顎の約半数例において下顎管部および下顎底部では粗造になっており、無歯顎では全体として粗造のものが多くとしている。また、浦郷ら³⁶⁾は 20 歳から 80 歳までの 40 例の下顎骨の非脱灰標本を用いて骨質と骨髓腔の面積を測定して調べた結果、加齢に伴い、骨粗鬆症が進展する所見は認められなかったとしている。

Atkinson と Woodhead¹⁾は 40 歳以上の 43 例の下顎骨について組織学的に調べた結果、骨粗鬆症は骨皮質と歯槽骨部と比較すると歯槽部における方が加齢に伴い顕著に現われたとしている。

迫田³⁹⁾は著者と同一標本を用いて骨皮質の加齢変化を調べた結果、44 歳例と 47 歳例の前歯部のハバース管は結合組織の増生と血管拡張により軽度には拡張し、続いて下顎体部、角部、筋突起部、関節突起部、下顎枝部へと拡がり、58 歳例と 66 歳例ではさらに脂肪細胞も出現し、これらの変化から骨皮質に異常裂隙が生じ、多孔性になっていたと報告している。

以上種々の報告がなされているが、下顎骨の骨梁についての報告はほとんどない。

著者の結果からは、40 歳例以降の 8 例では下顎骨の

骨梁は下顎全体を通して短小化が進み、島嶼状配列が多くみられるようになり、この傾向は58歳例まで漸次顕著となったが、極度の減少はみられず、わずかに66歳例で下顎骨の大部分が島嶼状配列を示すようになった。このように骨梁の減少と短小化が極度になった状態が単なる老人期の加齢変化として捉えてよいのか、骨粗鬆症として取り扱うべきなのかという問題が生じてくる。迫田³³⁾の結果と年齢的に比較した場合、骨梁の減少は多少遅れて起こると考えられるが、著者の観察結果から骨粗鬆症と鑑別することは困難で、さらに観察例を加えて検討すべき問題と考えた。

総 括

ヒト下顎骨骨梁の発育過程を系統的かつ組織学的に究明するため、生後例35例をcelloidin包埋による大組織切片標本を作成して鏡検し、次のような結論を得た。

1) 下顎骨の骨梁は、生後まもない時期には、一部で層板骨がみられるものの、大部分が線維性層板骨で、密度は中等度であったが、その後次第に成熟が進み、密度も減少していった。配列も周囲から加わる力や、成長の方向に対応した形態に変化していった。

2) 咬合を開始する7カ月頃には、骨梁は層板骨となって成熟は完成し、密度も限局性吸収部の割合も成人と同程度となり、1.1歳頃には配列も島嶼状配列や垂直配列が加わり、成人と同様の形態がみられるようになった。このことから、咬合を開始すると下顎骨の構造変化も急速に進み、成人と同様の構造となることが分かった。

3) 40歳以降では、骨梁の短小化が顕著で、島嶼状配列が多くなり、この頃から骨梁に老化現象があらわれることがわかったが、これらの変化を骨粗鬆症と捉えることは難しいと考えられる。

謝 辞

稿を終るにあたり、本研究に御指導と御鞭撻を頂きました九州大学歯学部口腔病理学教室、坂井英隆教授ならびに終始御指導と御校閲を賜りました同名誉教授、橋本紀三先生に謹んで感謝の意を表します。また温かい御助言と御援助を頂きました元同教室助教授で現宇和島市民病院病理検査部長、栗原憲二先生に心より感謝いたします。

文 献

1) Atkinsin PJ and Woodhead C.: Changes in human mandibular structure with age. Arch. Oral Biology. 13: 1453-1463, 1968.

2) Bhaskar SN; Orban's Oral Histology and Embryology. 8th, p. 216, C. V. Mosby, St. Louis, 1976.

3) Bollobas E: Embryonic Development of the Mandibular Canal. Acta Morphologica Acad. Sic. Hung. 30: 233-239, 1982.

4) Bloom W and Fawcett DW: A Textbook of Histology. 10th. pp. 284-285, Saunders, Philadelphia, 1975.

5) Braunschweiger H: Die Bedeutung der Spongiosa des Unterkiefer für Röntgenbild. D. Zahnheilk. 56: 64-74, 1922.

6) Enlow DH: Handbook of Facial Growth. W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1975.

7) 藤田拓男: 老人性骨粗鬆症の成因. 整形外科 Mook. 34: 122-133, 1984.

8) 藤田拓男: 骨粗鬆症治療の今日的意義, 実験と治療. 613: 2, 1989.

9) Goret-N M and Dhem A: Presence of chondroid tissue in the symphyseal region of the growing human mandible. Acta Anat. 113: 189-195, 1982.

10) Hall BK: How is Mandibular Growth Controlled During Development and Evolution? J. Cranio. Genet. Develop. Biol. 2: 45-49, 1982.

11) 橋本紀三, 栗原憲二: 剖検例下顎骨における骨組織と骨髓造血の加齢と病変. 歯界展望. 59: 757-768, 1982.

12) Henrikson PA: Wallenuius K.: The mandible and osteoporosis (1). J. Oral Rehab. 1: 67-74, 1974.

13) Henrikson PA, Wallenuius K and Astrand K: The mandible and osteoporosis (2). J. Oral Rehab. 1: 75-84, 1974.

14) 樋口勝規: 剖検例下顎骨骨髓腔に関する病理組織学的研究. 口科誌. 25: 359-360, 1976.

15) 本田和也: 日本人胎児下顎骨の成長発育に関するX線学的研究. 日大歯学. 60: 679-691, 1986.

16) 一条 尚: 下顎骨の形成, 発育成長と成長後における構造と形態の基本的な変化. I 胎生期における下顎骨の形成. 歯界展望. 67: 943-952, 1986.

17) 石野恵康: 人類下顎骨骨梁群について.

その1 日本人胎児下顎骨骨梁の発育動向に関するX線学的研究. 三重医学. 4: 1923-1929, 1960.

その2 生後4カ月から高齢80歳にいたる日本人の下顎骨骨梁群の増齢的発育動向に関するX線学的研究. 三重医学. 4: 1931-1948, 1960.

18) 上條擁彦: 顎骨の老化. 日本歯科評論. 387: 62-71, 1975.

19) 片山幹夫: ヒト下顎骨骨髓腔の発生ならびに伸展過程に関する組織学的研究. 九州歯会誌. 40: 413-426, 1986.

20) Katz A: Architektur des Unterkiefers im Zusammenhang mit der Lage der Wurzeln und der Widerstandsfähigkeit des Zahn Bogens beim Erwa-

chhsenen. V. f. Zahnheilk. 47: 214-249, 1931.

21) Kjær I: Development of deciduous mandibular incisors related to developmental stages in the mandible. Acta Odontol. Scand. 38: 257-262, 1980.

22) Kribbs PJ, Chesnut Ch III, Ott SM and Kilcoyne RF: Relationships between mandibular and skeletal bone in an osteoporotic population. J. Prosthet. Dent. 62: 703-707, 1989.

23) Kribbs PJ: Comparison of mandible in normal and osteoporotic women. J. Prosthet. Dent. 63: 218-222, 1990.

24) Kukletotová Z and Oudrán L: An electron microscopic study of the human fetal mandibular periosteum. Z. Mikrosk. Anat. Forsch. 97: 158-176, 1983.

25) Mandarim-L CA and Alves MU: Human mandibular prenatal growth: bivariate and multivariate growth allometry comparing different mandibular dimensions. Anat. and Embryol. 186: 537-541, 1992.

26) 増田多可夫: 下顎骨の構造ならびに力学的研究, 1. 内部構造について. 口腔解剖研究. 16: 127-135, 1960. 2. 光弾性実験による下顎骨の力学的研究. 口腔解剖研究. 17: 526-537, 1960.

27) 村田美男, 上山松吉, 今田春隆: 咬合時における下顎骨の主応力分布についての研究. 歯科学報. 59: 399-405, 1959.

28) 三友善夫: 骨関節の病理学的序章

(1) 老化機構の理解を前提として. 臨整外. 4: 444-452, 1969.

(2) 加齢に伴う骨・関節の intrinsic な関係. 臨整外. 4: 513-522, 1969.

(3) 加齢に伴う骨・関節の extrinsic な変化. 臨整外. 4: 628-636, 1969.

29) 岡本 孝: 咬合時における下顎骨の応力分布について. 米子医学雑誌. 9: 791-803, 1958. growth. Pergamon Press, Oxford, 1967.

30) 小野博志, 山下 浩, 落合靖一, 大森郁朗, 中田 稔: 小児歯科学総論 (山下 浩編) 第3版: 106-

123 医歯薬出版, 東京 1981.

31) 小野博志, 山下 浩, 落合靖一, 大森郁朗, 中田 稔: 小児歯科学総論 (山下 浩編) 第3版: 231-233 医歯薬出版, 東京 1981.

32) 大屋由貴子: ヒト胎児下顎骨骨梁の加齢変化に関する組織学的研究. 歯科基礎誌 38: 535-549, 1996.

33) 迫田雄治: ヒト下顎骨骨皮質形成の加齢に伴う組織学的変化. 九歯会誌 50: 237-268, 1996.

34) Scott JH: Dentofacial Development and growth. Pergamon Press, Oxford, 1967.

35) 高橋 章: ヒト胎児の下顎骨並びに骨梁の発生学研究 とくに骨体部の構築. 歯科医学. 24: 254-262, 1961.

36) 浦郷篤史, 船越啓右, 李 載仁, 津覇 実, 徳富敏信, 佐藤良一, 末森多賀生: 顎骨の老化に関する病理組織学的研究. 歯界展望. 51: 1040-1041, 1978.

37) 牛込新一郎: 骨. 軟骨の構造, 代謝および損傷と修復. 現代病理学大系, 21b 3-24, 中山書店, 東京 1993.

38) Walkhoff O: Der Unterkiefer der Anthropomorphen und des Menschen in seiner funktionellen Entwicklung und Gestalt. Selenka: Studien über Entwicklungsgeschichte. D. M. f. Zahnheilk. 9: 518-529, 1902.

39) 山口 淑: オトガイ孔ならびにその付近の発生ならびに組織学的研究. その1. 胎生前期 歯科医学. 21: 424-442, 1958.

40) 山口 淑: オトガイ孔ならびにその付近の発生ならびに組織学的研究. その2. 胎生中期・胎生後期 歯科医学. 22: 296-312, 1959.

41) 山本吉蔵: 骨粗鬆症の進行機序. 日整会誌. 6: 122-131, 1990.

42) 芳本 忍: 咬合力に対する下顎骨の力学的反応について. 歯基礎誌. 18: 286-310, 1976.

43) 湯本東吉, 田中健造監修, 病理学. 第4版: 779-800, 医学書院 東京, 1989. 歯界展望. 51: 1040-1041, 1978.

(受付 1997-2-19)